



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07130495 A**(43) Date of publication of application: **19.05.95**

(51) Int. Cl.

H05H 1/46
C23C 16/50
C23F 4/00
H01L 21/3065

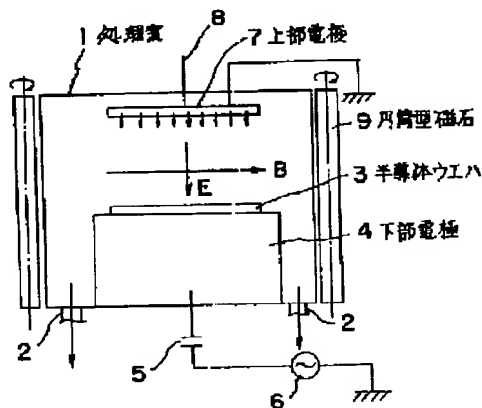
(21) Application number: **05300911**(22) Date of filing: **05.11.93**(71) Applicant: **TOKYO ELECTRON LTD TOKYO
ELECTRON YAMANASHI KK**(72) Inventor: **HIROSE JUN
OKAYAMA NOBUYUKI
EGUCHI KAZUO**(54) **MAGNETRON TYPE PLASMA PROCESSING
DEVICE**

(57) Abstract:

PURPOSE: To provide a magnetron type plasma processing device in which space saving can be realized and also cost reduction can be achieved by making compact a permanent magnet and its driving mechanism.

CONSTITUTION: When a semiconductor wafer 3 is processed by plasma, while a horizontal magnetic field is applied to this semiconductor wafer 3 horizontally arranged in a processing chamber 1, 12 pieces of rod-like cylindrical magnets 9 are so provided upright as to make pairs in a point symmetry state in the circumference of the processing chamber 1. At the same time, those respective cylindrical magnets 9 are synchronously rotatably linked to a motor through a gear train.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-130495

(43) 公開日 平成7年(1995)5月19日

(51) Int.Cl.⁶

H 0 5 H 1/46

C 2 3 C 16/50

C 2 3 F 4/00

識別記号

庁内整理番号

C 9014-2G

C 8417-4K

G 8417-4K

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/302

C

審査請求 未請求 請求項の数4 FD (全7頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平5-300911

(22) 出願日 平成5年(1993)11月5日

(71) 出願人 000219967

東京エレクトロン株式会社

東京都港区赤坂5丁目3番6号

(71) 出願人 000109565

東京エレクトロン山梨株式会社

山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1

(72) 発明者 廣瀬 潤

山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1

東京エレクトロン山梨株式会社内

(72) 発明者 岡山 信幸

山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1

東京エレクトロン山梨株式会社内

(74) 代理人 弁理士 小原 肇

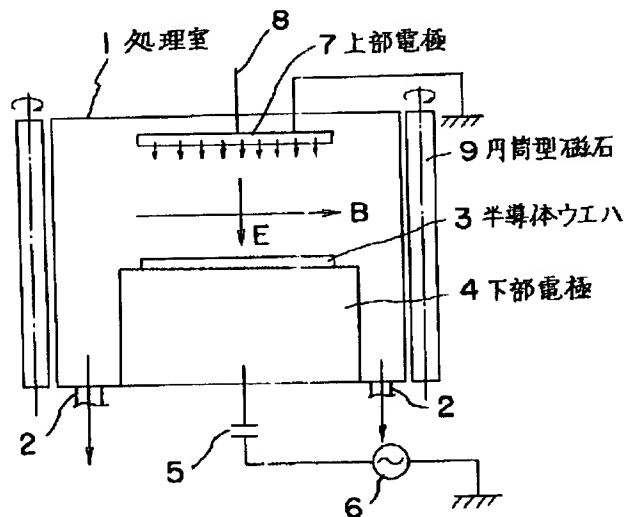
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マグネトロン型プラズマ処理装置

(57) 【要約】

【目的】 永久磁石及びその駆動機構をコンパクト化することにより省スペース化を実現し、コスト削減を達成できるマグネトロン型プラズマ処理装置を提供する。

【構成】 本マグネトロン型プラズマ処理装置は、処理室1内に水平に配置された半導体ウエハ3に水平磁場を印加しながらこの半導体ウエハ3をプラズマ処理する際に、12本の棒状の円筒型磁石9を処理室の周囲で点対称に対を成して立設すると共に、これらの各円筒型磁石9を同期回転可能に歯車列13、14、17を介してモータ15に連結したものである。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 処理室内に水平に配置された被処理体に水平方向の磁場を印加しながらこの被処理体をプラズマ処理するマグネトロン型プラズマ処理装置において、複数の円筒型磁石を上記処理室の周囲で点対称に対を成してそれぞれ立設すると共に、これらの各円筒型磁石を同期回転可能に駆動機構に連結したことを特徴とするマグネトロン型プラズマ処理装置。

【請求項2】 上記各円筒型磁石を上下にそれぞれ2分割したことを特徴とする請求項1に記載のマグネトロン型プラズマ処理装置。

【請求項3】 上記複数対の円筒型磁石の磁場強度を50～1000ガウスに設定したことを特徴とする請求項1または請求項2に記載のマグネトロン型プラズマ処理装置。

【請求項4】 上記円筒型磁石の回転速度を5～60rpmに設定したことを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか一つに記載のマグネトロン型プラズマ処理装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、マグネトロン型プラズマ処理装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体デバイスを作る際に、従来からプラズマを利用したエッチング装置を用いて半導体ウエハを微細加工して配線構造を形成している。ところが最近の半導体デバイスの高集積化に伴ってハーフミクロン、クォータミクロンオーダーの超微細構造が必要になって来ている。そのため、より高い真空雰囲気下で高密度のプラズマを作り、プラズマによるダメージを極力少なくし、プラズマを極力有効に利用するエッチング装置が従来から種々開発されている。このようなエッチング装置として例えば反応性イオンエッチング(RIE)装置、マグネトロン型RIE装置が知られている。

【0003】 RIE装置は、高周波電力を印加した下部電極と接地された上部電極との間でエッチングガスのプラズマを発生させ、このプラズマ中の反応性イオンを負に自己バイアスされた下部電極に向けて照射し、この反応性イオンにより半導体ウエハ等の被処理体表面の被エッチング成分をエッチングするよう構成されている。しかし、クォータミクロンレベルの超微細加工になると、RIE装置では反応性イオンなどの活性種の平均自由行程が短く、反応性イオンの散乱による影響で垂直な微細加工が難しくなるため、更に高真空にしてイオンの散乱を抑制する必要がある。そこで、このような超微細加工にはマグネトロン型RIE装置が用いられている。このマグネトロン型RIE装置は、RIE装置の場合よりもより高真空な雰囲気下でプラズマを作り、このプラズマ中で例えば上下方向に形成される電場に水平方向の磁場

を印加し、この直交電磁場による電子のサイクロイド運動を利用してプラズマを高密度化するように構成されている。しかし、この場合には電子のサイクロイド運動によりプラズマが局所に偏りがちで、全体として必ずしも均一なプラズマを得ることができない。そのため、従来から電磁コイルあるいは永久磁石などを用いて回転磁場を作り、プラズマを均一化するようにしている。電磁石の場合には複数のコイルに流す電流を変化させて回転磁場を作るようにし、また永久磁石の場合には永久磁石を機械的に回転させて回転磁場を作るようにしている。特に後者の場合には例えばリング状永久磁石を処理室を圍繞するように配置し、このリング状永久磁石を機械的に回転させるようにしたものが知られている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、リング状永久磁石を回転させる従来のマグネトロン型プラズマ処理装置の場合には、永久磁石自体が重量物であるため、そのようなリング状永久磁石を支持する支持構造やリング状永久磁石を回転駆動させる駆動機構などが構造的に大掛りになり、しかもこれらの占有面積も広がってコスト高になるという課題があった。

【0005】 本発明は、上記課題を解決するためになされたもので、永久磁石及びその駆動機構をコンパクト化することにより省スペース化を実現し、コスト削減を達成できるマグネトロン型プラズマ処理装置を提供することを目的としている。

【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明の請求項1に記載のマグネトロン型プラズマ処理装置は、処理室内に水平に配置された被処理体に水平方向の磁場を印加しながらこの被処理体をプラズマ処理するマグネトロン型プラズマ処理装置において、複数の円筒型磁石を上記処理室の周囲で点対称に対を成してそれぞれ立設すると共に、これらの各円筒型磁石を同期回転可能に駆動機構に連結して構成されたものである。

【0007】 また、本発明の請求項2に記載のマグネトロン型プラズマ処理装置は、請求項1に記載の発明において、上記各円筒型磁石を上下にそれぞれ2分割して構成されたものである。

【0008】 また、本発明の請求項3に記載のマグネトロン型プラズマ処理装置は、請求項1または請求項2に記載の発明において、上記複数対の円筒型磁石の磁場強度を50～1000ガウスに設定して構成されたものである。

【0009】 また、本発明の請求項4に記載のマグネトロン型プラズマ処理装置は、請求項1～請求項3のいずれか一つに記載の発明において、上記円筒型磁石の回転速度を5～60rpmに設定して構成されたものである。

【0010】

【作用】本発明の請求項1に記載の発明によれば、処理室内に水平に被処理体に配置した後、処理室内でプラズマを発生させると共に、複数対の円筒型磁石から処理室内に被処理体に平行な磁場を印加すると、この磁場により処理室内にマグネトロンプラズマを形成し、このマグネトロンプラズマの作用により被処理体にプラズマ処理を施すが、この際、駆動機構を駆動させると、これに連結された各円筒型磁石がそれぞれ同期回転し、この同期回転する各円筒型磁石により処理室内の水平磁場が回転し、この回転水平磁場によりマグネトロンプラズマの局所的な偏りを均一化することができる。

【0011】また、本発明の請求項2に記載の発明によれば、請求項1に記載の発明において、上記各円筒型磁石を上下にそれぞれ2分割したため、上下の2段の円筒型磁石により処理室内の上下で個別に回転水平磁場を形成し、上下の回転水平磁場に更にマグネトロンプラズマを均一化することができる。

【0012】また、本発明の請求項3に記載の発明によれば、請求項1または請求項2に記載の発明において、上記複数対の円筒型磁石の磁場強度を50～1000ガウスに設定したため、被処理体のプラズマ処理に相応しいマグネトロンプラズマを得ることができる。

【0013】また、本発明の請求項4に記載の発明によれば、請求項1～請求項3のいずれか一つに記載の発明において、上記円筒型磁石を5～60rpmの回転速度に設定したため、全円筒型磁石を円滑に回転させて被処理体のプラズマ処理に相応しいマグネトロンプラズマを得ることができる。

【0014】

【実施例】以下、図1～図6に示すマグネatron型プラズマエッチング装置（以下、「マグネatron RIE装置」と称する）を参照しながら本発明について説明する。本実施例のマグネatron RIE装置は、図1に示すように、例えばアルミニウム等の導電性材料により円筒状に形成され処理室1を備えている。この処理室1は気密構造に構成され、その周面下部に接続された排気管2を介して図示しない真空ポンプにより真空引きして例えば 10^{-2} Torr以下の真空雰囲気を形成できるように構成されている。そして、この処理室1内の底面にはアルミニウム等の導電性材料により半導体ウエハ3を載置する下部電極を兼ねるサセプタ（必要に応じて「サセプタ」とも称す）4が配設され、この下部電極4上に取り付けられた静電チャック（図示せず）などにより半導体ウエハ3を保持するように構成されている。そして、このサセプタ4の内部には液化窒素等の冷媒を用いる冷却機構が内蔵され、この冷却機構によりサセプタ4をマイナス領域の温度まで冷却するように構成されている。更に、このサセプタ、即ち下部電極4にはブロッキングコンデンサ5を介して高周波電源6が接続され、この高周波電源6から13.56MHzの高周波電圧をブロッキングコ

ンデンサ5を介して下部電極4に印加するように構成されている。また、下部電極4の上方には例えば15～20mmの間隔を隔てて対向する扁平な中空円盤状に形成された上部電極7が配設され、この上部電極7はグラウンド電位を維持するように接地されている。そして、この上部電極7の上面中央には処理室1上面中央を貫通しエッチングガスの供給源（図示せず）に連通する供給管8が取り付けられ、この供給管8から供給されたエッチングガスを上部電極7を介して処理室1内全体へ均等に噴出するように構成されている。

【0015】また本実施例では、永久磁石により形成された円筒型磁石9が図2に示すように処理室1の周囲全周に亘って周方向等間隔を隔てて複数例えば12本配設されている。しかも、12本の円筒型磁石9は、処理室1を挟み点対称に對を成して配置され、これらの円筒型磁石9により処理室1内に水平方向即ちサセプタ4上の半導体ウエハ3に平行な水平磁場Bを印加するように構成されている。尚、図2では手前の5本の円筒型磁石9は省略して示してある。そして、処理室1の周壁10には例えば図3、図4に示すように各円筒型磁石9に対応させた円筒空間11が形成され、これらの円筒空間11内に円筒型磁石9がそれぞれ収納されている。各円筒型磁石9の上下端にはそれぞれ軸が取り付けられ、これらの軸によって円筒型磁石9が周壁10の円筒空間11内に回転自在に軸支されている。また、各円筒型磁石9の下端の軸12にはそれぞれ歯車13が取り付けられている。また、処理室1のやや下方にはその外径に見合った大きさに形成されたリング状の大径歯車14が配設され、この大径歯車14の内側には全周に亘って内歯14Aが形成され、この内歯14Aで円筒型磁石9下端の歯車13に噛合している。更に、図4に示すように、ある1箇所の円筒型磁石9、9の歯車13、13間にはモータ15が配設されており、このモータ15の回転軸16に固定された歯車17が円筒型磁石9の歯車13と同様に大径歯車14の内歯14Aに噛合している。

【0016】従って、モータ15の歯車17は、モータの回転力を大径歯車14を介して全歯車13に伝達し、これにより全円筒型磁石9をそれぞれ同方向（時計方向）へ同期回転させ、図3に示すように処理室1内の水平磁場Bを実線矢印から破線矢印の方向へ徐々に回転させるように構成されている。そして、本実施例ではモータ15及び歯車列17、14、13によって円筒型磁石9の駆動機構が構成されていることになる。尚、モータ15の回転軸を一つの円筒型磁石9に直接連結したものであっても上述した場合と同様に全円筒型磁石9を同期回転させることができる。

【0017】全円筒型磁石9によって印加される水平磁場の強度は50～1000ガウスに設定することが好ましく、100～700ガウスに設定することがより好ましい。この磁場強度が50ガウス未満ではマグネatron

効果を得難くなり、また、1000 Gaussを超えると磁石自体がコスト高になり不経済でありそれに見合ったマグネトロン効果を得ることができず好ましくない。この円筒型磁石9に用いられる永久磁石の材料は、特に制限されないが、例えば、Fe-Cr-Co系等の合金磁石、フェライト磁石などが好ましく用いられる。また、円筒型磁石9の回転速度は5~60 rpmに設定することが好ましく、15~25 rpmに設定することがより好ましい。この回転速度が5 rpm未満では水平磁場Bの回転が十分でなくプラズマ密度の均一化が難しく、また、60 rpmを超えてもそれ以上の均一化が期待できず、しかも歯車列の各歯車17、14、13の摩耗が激しくなり好ましくない。

【0018】また、円筒型磁石9の回転機構は図5に示すように構成したものであっても図3、図4に示すものと同様の作用効果を期することができる。即ち、図5に示す円筒型磁石9は、回転駆動機構を異にする以外は図3、図4に示したものと同様に構成されている。そこで、回転駆動機構についてのみ説明する。この場合には、同図に示すように、各円筒型磁石9の軸12の下端に上下の2箇所にスプロケット18、18が取り付けられ、隣合う円筒型磁石9、9のスプロケット18、18間にはチェーン19が巻回され、各チェーン19を介して各円筒型磁石9がそれぞれ同期して回転するように構成されている。そして、一つの円筒型磁石9の軸12の下端には図5に示すように更に1個のスプロケット20が取り付けられている。また、このスプロケット20の外側にはモータ21が配設され、このモータ21の回転軸22上端にはスプロケット23に取り付けられている。そして、このモータ21のスプロケット23と円筒型磁石9のスプロケット20にはチェーン24が巻回され、このチェーン24を介してモータ21の回転力を円筒型磁石9へ伝達するように構成されている。そのため、この円筒型磁石9は例えばモータ21が同図に示すように時計方向に回転駆動することによりスプロケット23、チェーン24、及びスプロケット20を介してやはり時計方向へ回転するように構成されている。残りの円筒型磁石9はモータ21に連結された一つの円筒型磁石9を介してそれぞれ上述のように時計方向へ同期回転するように構成されている。

【0019】次に、動作について説明する。真空引きされた処理室1内の下部電極4に半導体ウエハ3を載置し、静電チャックのクーロン力により半導体ウエハ3を下部電極4上に保持する。次いで、供給管8からのエッチングガスを上部電極7を介して処理室1内へ供給し、エッチングガスのガス圧を例えば 10^{-2} Torr以下の真空度に設定する。その後、高周波電源6から下部電極4に13.56 MHzの高周波電圧を印加しエッチングガスを介して下部電極4と上部電極7間で真空放電させると、プラズマを発生する。この時、プラズマ中の電子は反応

性イオン、ラジカルと比較して遥かに軽いため、下部電極4へ優先的に流入し、これによりブロッキングコンデンサ5を介して下部電極4が負に自己バイアスされる。この下部電極4の自己バイアス電位とプラズマ電位間で電位差が生じ、この電位差によりこれら両者間に上下方向の電場Eを形成する。一方、処理室1の周囲には12本の円筒型磁石9が点対称に対を成して配置されているため、これらの全円筒型磁石9によって処理室1内に例えば600 Gaussの水平磁場Bを印加し、この水平磁場Bが上下方向に形成された電界Eに直交して直交電磁界を形成し、直交電磁界の作用によりプラズマ中の電子が下部電極4の近傍でサイクロイド運動をし、プラズマ中の反応性イオン等を活性種を更に活性化して高密度化なマグネトロンプラズマを発生する。

【0020】この時、モータ15が駆動し、その回転力をその歯車17、大径歯車14及び歯車13を介してへ伝達しているため、全円筒型磁石9は時計方向へ同期回転している。全円筒型磁石9の同期回転により処理室1内の水平磁場B全体が図3に示すように実線で示した矢印位置から破線で示した矢印位置へ例えば20 rpmの回転速度で回転しているため、電子のサイクロイド運動の方向もこの回転に伴って変って処理室1内のプラズマを万遍無く均一化して均一なプラズマ密度を有するマグネトロンプラズマを発生する。従って、プラズマ中の反応性イオンが処理室1内で均一化し、下部電極4上の半導体ウエハ3全面で均一なイオン照射が行なわれ、半導体ウエハ3全面に均一な反応性イオンエッチングなどのプラズマ処理を施すことができる。

【0021】一方、水平磁場Bを印加する永久磁石は従来のようにリング状永久磁石によって処理室1の周囲を囲む構造ではなく、12本の円筒型磁石9によって処理室1の周囲を囲むようにしたため、全円筒型磁石9の重量がリング状の永久磁石と比較してかなり軽量になり、軽量化した分だけ歯車列13、14、17及びモータ15に掛る負荷を軽減することができる。

【0022】以上説明したように本実施例によれば、水平磁場Bを印加する永久磁石を12本の円筒型磁石9によって構成したため、従来のリング状永久磁石と比較して永久磁石をコンパクトで且つ軽量なものにすることができ、もって駆動機構としてのモータ15及び歯車列13、14、17に掛る負荷を従来と比較して格段に軽量化できる。従って、円筒型磁石9、モータ15及び歯車列13、14、17を全体的にコンパクト化でき、装置全体の設置スペースを削減でき、設置コストの削減を図ることができる。また、必要に応じて円筒型磁石9の本数を増減することにより水平磁場強度を適宜変更することができ、その設定上の自由度を得ることができる。また、本実施例によれば、12本の円筒型磁石9によって印加される処理室1内の水平磁場強度を50~1000 Gaussに設定したため、プラズマ処理に好適なマグネト

ロンプラズマを容易に得ることができ、また、各円筒型磁石9の同期回転速度を5～60rpmに設定したため、モータ15に過度な負担を掛けるとなく均一なマグネトロンプラズマを容易に得ることができる。

【0023】また、本発明に用いられる円筒型磁石9は、図6に示すように上下で2分割したものであっても良い。この場合には、例えば上記実施例と同様に上下で一對の短小円筒型磁石9A、9Bをそれぞれ連結棒25で連結し、その他は上記各実施例と同様に構成することができる。このように各円筒型磁石9をそれぞれ上下の短小円筒型磁石9A、9Bによって構成することにより、上下で水平磁場が個別に形成され、処理室1内に印加される全体の水平磁場Bは強度が低下する反面、上下の水平磁場の相互作用によって全体として一層均一な水平磁場Bを形成し、プラズマ処理の均一性をより一層向上させることができる。

【0024】尚、上記実施例では円筒型磁石9を処理室1の周壁10に形成した円筒空間11内に埋め込んだ構造について説明したが、円筒型磁石は処理室の周囲に支持部材を介して配設したものであっても良いことが言うまでもない。また、円筒型磁石9を駆動する駆動機構は、円筒型磁石9を同一方向に同期回転させることができる機構であれば良く、例えば、モータの駆動力を伝達する伝達機構は上記実施例の歯車列13、14、17あるいはチェーン及びスプロケット機構の他、遊星歯車、プーリー及びベルトなどによりモータの回転力を全円筒型磁石へ伝達してこれらを同期回転させるようにしても良い。また、本発明はマグネトロン型プラズマ処理装置であれば、エッチング装置の他、CVD装置などについても広く適用することができる。

【0025】

【発明の効果】以上説明したように本発明の請求項1に記載の発明によれば、複数の円筒型磁石を上記処理室の周囲で対を成して点対称に立設すると共に、これらの各円筒型磁石を同期回転可能に駆動機構に連結したため、永久磁石及びその駆動機構をコンパクト化することにより省スペース化を実現し、コスト削減を達成できるマグネトロン型プラズマ処理装置を提供することができる。

【0026】また、本発明の請求項2に記載の発明によれば、請求項1に記載に発明において、各円筒型磁石を上下にそれぞれ2分割したため、処理室内に一層均一な水平磁場を印加して被処理体に一層均一なプラズマ処理を施すことができるマグネトロン型プラズマを提供する*

*ことができる。

【0027】また、本発明の請求項請求項3に記載の発明によれば、請求項1または請求項2に記載に発明において、上記複数対の円筒型磁石の磁場強度を50～1000ガウスに設定したため、プラズマ処理に好適なマグネトロンプラズマを容易に得ることができるマグネトロン型プラズマを提供することができる。

【0028】また、本発明の請求項請求項3に記載の発明によれば、請求項1～請求項3のいずれか一つに記載に発明において、上記円筒型磁石の回転速度を5～60rpmに設定したため、駆動機構に過度な負担を掛けるとなく均一なマグネトロンプラズマを容易に得ることができるマグネトロン型プラズマを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のマグネトロン型プラズマ処理装置の一実施例の構成を示す断面図である。

【図2】図1に示すマグネトロン型プラズマ処理装置の円筒型磁石によって印加される磁場と半導体ウェハとの関係を概念的に示す斜視図である。

【図3】図1に示すマグネトロン型プラズマ処理装置の円筒型磁石と駆動機構との関係を示す平面図である。

【図4】図1に示すマグネトロン型プラズマ処理装置の円筒型磁石と駆動機構との関係を示す要部断面図である。

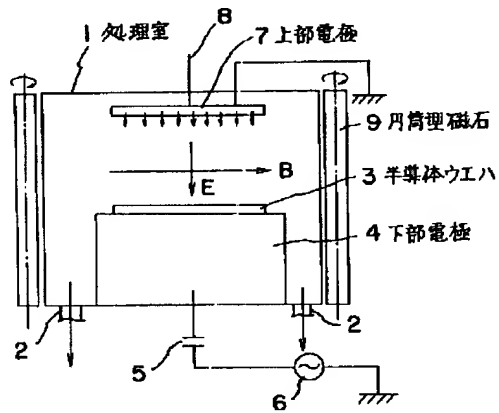
【図5】本発明のマグネトロン型プラズマ処理装置の他の実施例を示す図4に相当する示す断面図である。

【図6】本発明のマグネトロン型プラズマ処理装置の更に他の実施例の構成を示す図1に相当する断面図である。

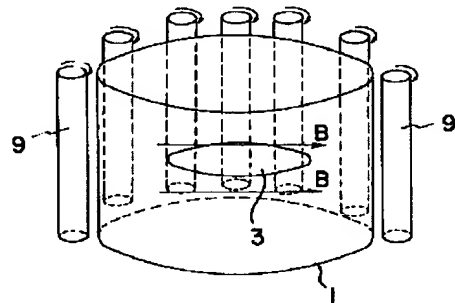
【符号の説明】

- 1 処理室
- 3 半導体ウェハ（被処理体）
- 4 下部電極
- 7 上部電極
- 9 円筒型磁石
- 9A 短小円筒型磁石（2分割した円筒型磁石の一つ）
- 9B 短小円筒型磁石（2分割した円筒型磁石の一つ）
- 13 歯車（駆動機構）
- 14 大径歯車（駆動機構）
- 15 モータ（駆動機構）
- 17 歯車（駆動機構）

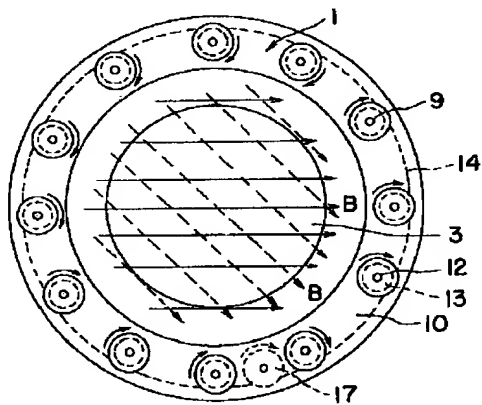
【図1】



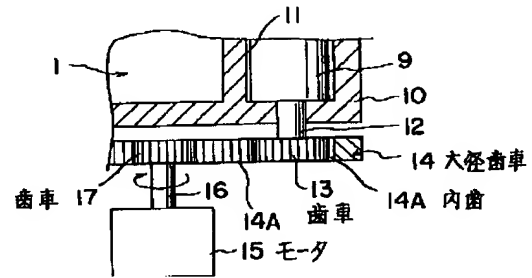
【図2】



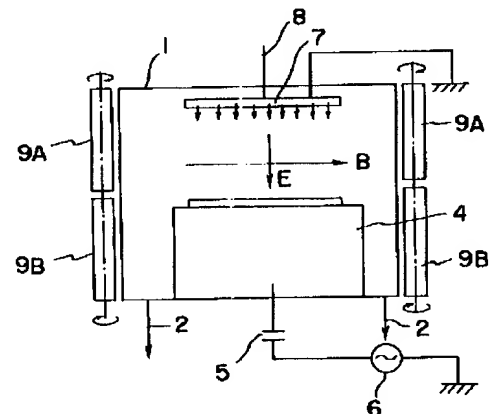
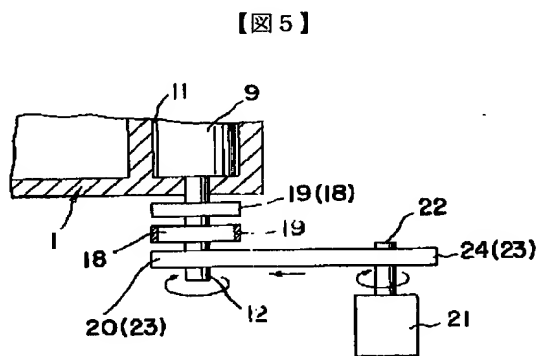
【図3】



【図4】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H 0 1 L 21/3065

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

(72)発明者 江口 和男
山梨県韮崎市藤井町北下条2381番地の1
東京エレクトロン山梨株式会社内